

Das Potential von vorwiegend nicht-akustischen Faktoren zur besseren Vorhersage und Reduktion der Fluglärmbelästigung

Uwe Müller, Susanne Bartels

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, 51170 Köln

Workshop “Fluglärmwirkung”,
DLR-Göttingen, 01. April 2014



Knowledge for Tomorrow



Übersicht

- **Wirkungen des Fluglärms auf das Belästigungsurteil von Anwohnern**
- **COSMA - Erkenntnisse aus Telefon- und Feldstudien**
- **Forschungsbedarf in zukünftigen Belästigungsstudien zum Fluglärm unter hauptsächlichlicher Berücksichtigung nicht-akustischer Faktoren**



Wirkungen des Fluglärms auf das Belästigungsurteil von Anwohnern

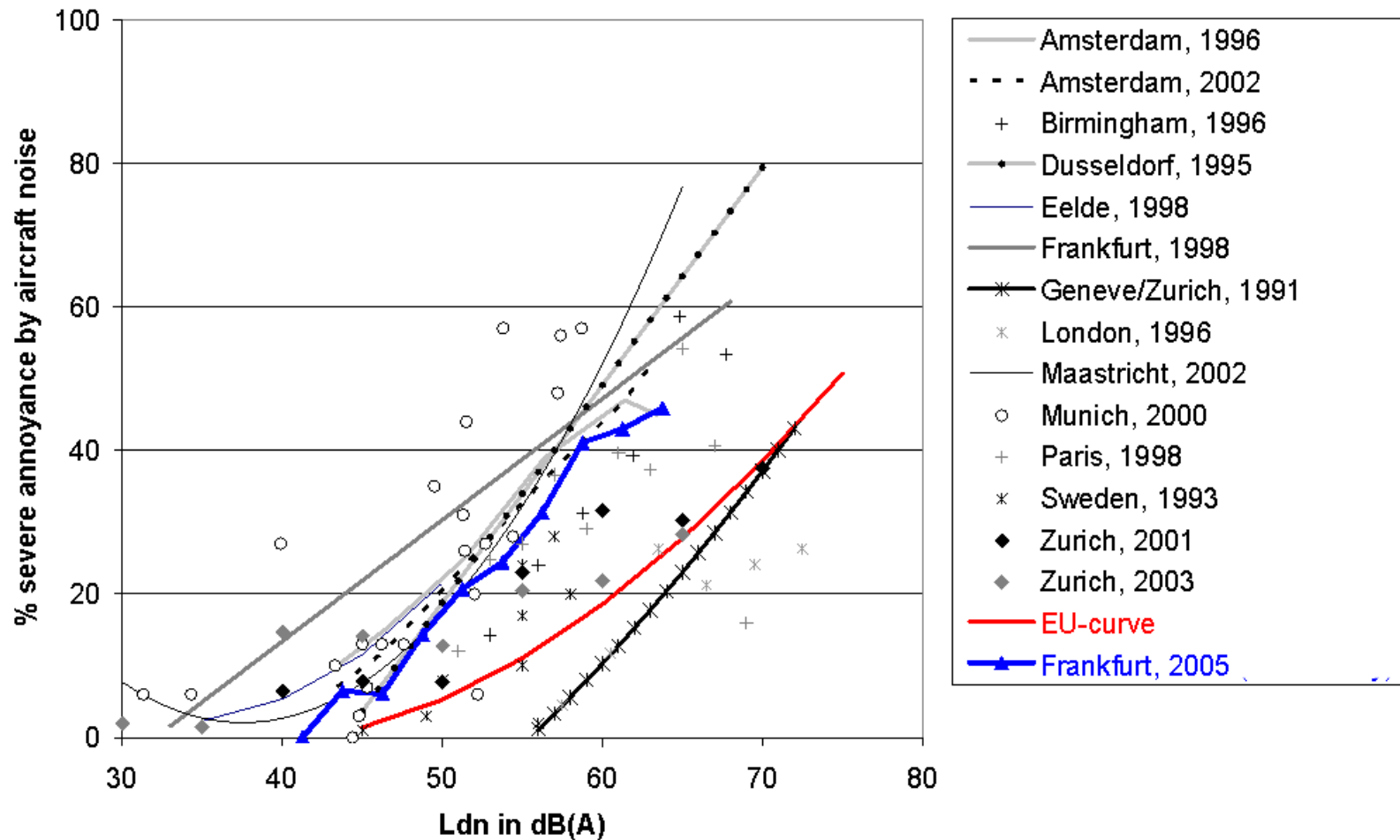


Problemstellung

- Vor allem in dicht besiedelten Gebieten in westlichen Industrieländern steigen die Proteste von Flughafenanwohnern gegen den Lärm. Ausbauvorhaben und Steigerungen von Flugbewegungen, wie von der Wirtschaft gefordert, werden dadurch immer schwerer (z.B. Frankfurt/Main, Heathrow, Berlin, München, Newark, Nantes, Sidney....)
- These: Um die Lärmbelästigung um Flughäfen zu verringern, muss ein fairer Interessensausgleich zwischen Profiteuren und Betroffenen des Flugverkehrs geschaffen werden
- Für diesen Prozess werden detailliertere, flughafenspezifischere Informationen benötigt als die Lärmkarten für ein Zieljahr und die daraus berechneten Wirkungsvorhersagen liefern können.
- Inwieweit können (zumeist) nicht-akustische Faktoren dazu beitragen, die Belästigung um Flughäfen zu senken?



Problem “Fluglärmbelästigung”, Ergebnisse früherer Feldstudien



Source: van Kempen & van Kamp 2005, p. 25, Fig.3b, modified and supplemented

Source of Zurich 2001/03: Brink et al. 2006



Problem “Lärmbelästigung”



„Lärmbelästigung“ wird vorwiegend durch eine von der ICBEN (International Commission on Biological Effects of Noise) standardisierten Frage erhoben (*)

~ nur 1/3 der Varianz kann mit akustischen Größen (L_{aeq}) erklärt werden

~ 1/3 der Varianz kann erklärt werden durch nicht-akustische Faktoren

~ 1/3 der Varianz bleibt unaufgeklärt

* Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate bei Ihnen zu Hause denken, wie stark haben Sie sich durch Fluglärm insgesamt gestört oder belastigt gefühlt?
(überhaupt nicht – etwas – mittelmäßig – stark – äußerst)

Guski, R. (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and Health*, 3, 45-56



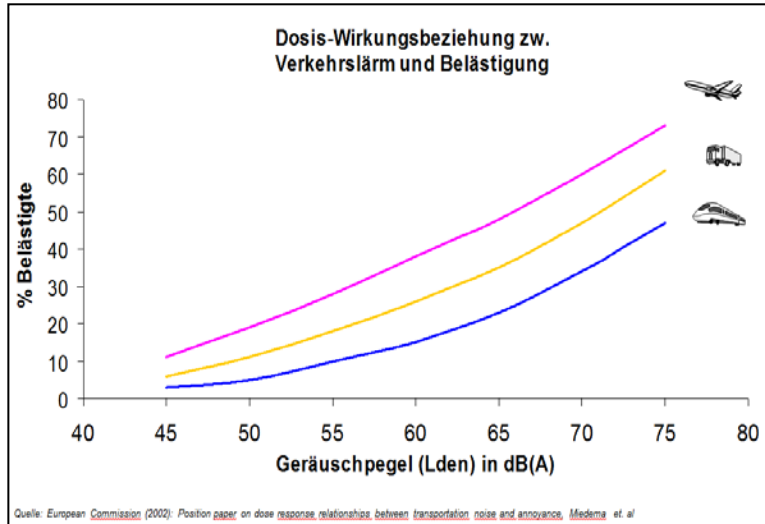
Problem “Lärmbelästigung”

Mögliche nicht-akustische Faktoren:

- Einstellung und Erwartungen zum derzeitigen und zukünftigen Flugverkehr
- „procedural fairness“
- Angst vor Gesundheitsgefahren
- angewendete Lärmvermeidungsstrategien
- Sozialstatus
- ökonomische Abhängigkeit vom Flughafen
- persönliche Lärmempfindlichkeit
- generelle Zufriedenheit mit der Wohnumgebung
- andere Lärmquellen in der Wohnumgebung
- wird Schallschutz gewährt? Zufriedenheit mit dem Schallschutz.
- Alter, Geschlecht
- Hauseigentümer etc. etc.



Einflussfaktoren auf die Belästigung



1. Schwerpunkt: AKUSTIK

- sicherer Angriffspunkt für die Belästigungsminderung
- flächendeckende Wirkung, wenn SPL sinkt
- zusätzliches Potenzial durch Modifikation der Geräuschqualität

2. Einbezug potentieller nicht-akustischer Faktoren

- in ihrer Erklärungsmacht ebenbürtig, jedoch
 - weitaus zahlreicher
 - z.T. personenbezogen
 - hinsichtlich Ort und Zeit veränderlich

➤ **ganzheitliche Betrachtung**, um **maximale Varianzaufklärung** zu erzielen!



COSMA-Ergebnisse bzgl. nicht-akustischer Faktoren



DLR-Belastigungsstudien zu Fluglärm

- **EU-SEFA (Sound Engineering For Aircraft, 2004-2007), 21 Partner, 9 Länder,**
Arbeitspaketleitung „Psychometrische Untersuchungen“
 - Laborstudien zur Identifizierung besonders lästiger Flugzeuggeräusche und Definition eines technisch umsetzbaren, angenehmeren **Zielgeräusches** (Verbesserung der Geräuschqualität)
- **EU-COSMA (Community Oriented Solutions to minimize aircraft noise Annoyance, 2009-2013), 25 Partner, 10 Länder,**
Arbeitspaketleitung „Psychometrische Untersuchungen“
 - **multimethodaler Ansatz** (Telefonstudien, Feldstudien, Laborstudien) für ein **umfassendes Verständnis der Entstehung von Belästigung** und Möglichkeiten ihrer **Minderung** (Flughäfen London-Heathrow, Köln/Bonn, Stockholm-Arlanda)



COSMA - Konsortium

21 Partner aus 9 europäischen Ländern.

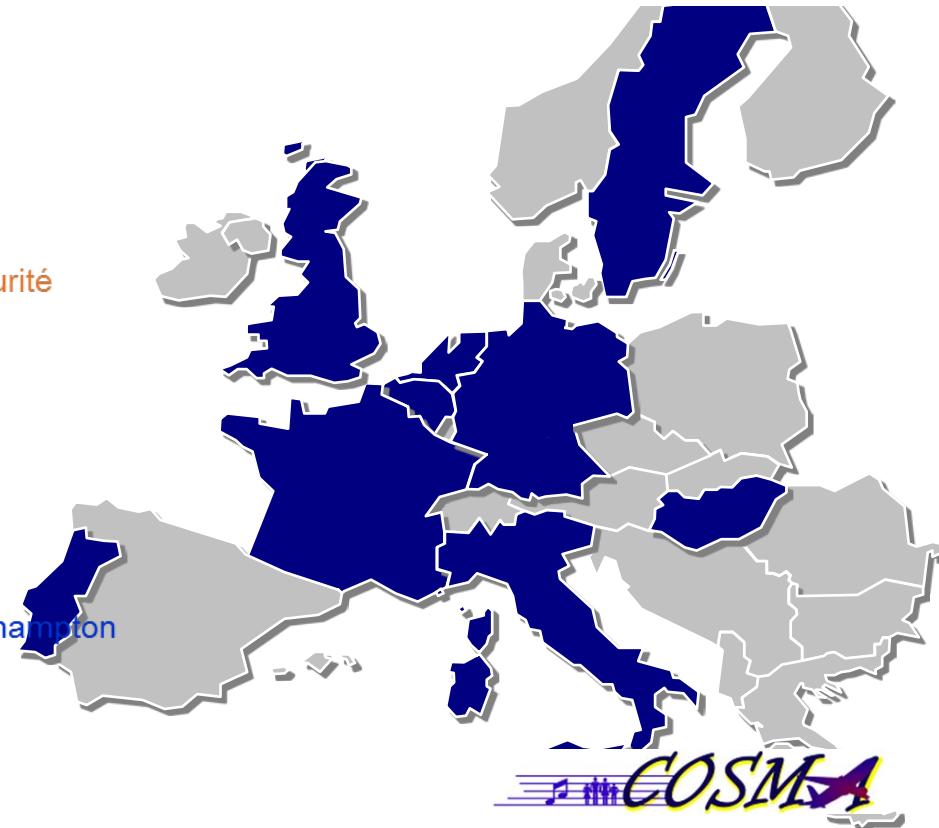
- EADS Deutschland GmbH
- Snecma
- Leuven Measurement Systems International N.V.
- AIRBUS OPERATIONS SAS
- Alenia Aeronautica S.p.A.
- 01dB-Metravib
- SASS acoustic research & design GmbH
- Institut für Technische und Angewandte Physik GmbH
- ZEUS GmbH Centre for Applied Psychology, Social and Environmental Research
- Projecto, Empreendimentos, Desenvolvimento e Equipamentos Científicos e de Engenharia
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- National Aerospace Laboratory
- Institute National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
- Budapest University of Technology and Economics
- Forschungsgesellschaft für Arbeitsphysiologie und Arbeitsschutz
- Dipartimento di Ingegneria Mecc. e Ind. Università degli Studi Roma Tre
- Université de Cergy Pontoise
- Kungliga Tekniska Högskolan
- Università di Napoli "Federico II" DPA
- Institute of Sound and Vibration Research - University of Southampton
- Safran Engineering Services

6 Industrie

7 Universität

3 Großforschungseinrichtungen

5 kleine und mittelständische Unternehmen



COSMA - Arbeitspakete

WP 1

Spezifikationen,
Bewertung, Außen-
Darstellung, Workshops



WP 2

Belastigungs-
untersuchungen



WP3

Sound
Engineering



WP4

Virtueller
Anwohner



WP5

Optimierung der
Lärmszenarien am
Flughafen



Projektleitung:



Projektzeitraum: 2009 – 2013



COSMA – Telefon- und Feldstudie



- Flughäfen Köln-Bonn, Heathrow London, Arlanda Stockholm
- je 1.200 Telefoninterviews mit max. 43 Fragen
- bei je 50 Anwohnern kontinuierliche Schalldruckpegelaufzeichnung über 4 Tage (40 akustische Parameter daraus für das Modell berechnet)
- stündliche Belästigungsbefragung über 4 Tage (wie entwickelt sich die Belästigung über den Tag, wie trägt sie zur Gesamtbelästigung bei?)
- zwei einstündige Sound Quality – Sitzungen
- Eingangs- und Abschlussfragebögen mit insgesamt über 100 Fragen



COSMA - Fragebogenitems



- demographische Variablen (Alter, Geschlecht, Bildungsabschluss, Arbeitsplatz, Hauseigentümer, Wohndauer)
- individuelle Lärmempfindlichkeit
- Einstellung zur Wohngegend (Zufriedenheit, Vor- und Nachteile)
- Anwesenheit weiterer Lärmquellen
- Zufriedenheit mit Schallschutz
- Tageszeiten mit höchster Fluglärmbelästigung (Wochentag, Wochenende)
- durch Fluglärm gestörte Aktivitäten innen und außen



COSMA - Fragebogenitems



- angewendete Copingstrategien
- Einstellung zum Flughafen
- Einschätzung finanzieller und ökologischer Aspekte des Flugverkehrs
- Verbindung zum Flughafen (Anstellung, Anzahl privater oder Geschäftsreisen)
- gefühlte Vorhersagbarkeit von Fluglärm
- Erwartungen zum zukünftigen Fluglärm am betroffenen Flughafen
- Erwartungen zur Gewöhnung an den Fluglärm



COSMA - Fragebogenitems



- Einstellung zur Kommunikationspolitik des Flughafens zum Fluglärm / wahrgenommene Fairness in Entscheidungsprozessen zum Fluglärm
- Einschätzung möglicher Gesundheitsgefahren durch Fluglärm (Daten nur aus Feldstudie)



COSMA – akustische Variablen Feldstudie



nAC	Number of aircraft	
NAT55	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 55 dB	
NAT60	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 60 dB	
NAT65	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 65 dB	
NAT70	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 70 dB	
NAT75	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 75 dB	
NAT80	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 80 dB	
NAT85	Number of aircraft with LA _{max} ≥ 85 dB	
totalLAeq	Overall LAeq (AC + bkg.noise)	
1h AC LAeq	1h-normalised Aircraft LAeq	
Bkg LAeq	Overall Background Noise LAeq. Bkg noise during flyovers is also included.	



COSMA – akustische Variablen Feldstudie



1h SNR	Normalised SNR (1h norm AC LAeq / bkg.noise). Here background noise of the whole hour is considered.	
maxSNR	Max of the SNR of all flyovers	
meanSNR	Mean of the SNR of all flyovers. Here bkg noise during flyovers is only considered.	
stdSNR	Standard deviation of the flyover'S SNR's	
maxMNR	Max of the MNR (Max. to Noise ratio) of all flyovers	
meanMNR	Mean of the MNR (Max. to Noise ratio) of all flyovers	
stdMNR	Standard deviation of the flyover'S MNR's (Max. to Noise ratio)	
maxLAmx(AC)	Overall aircraft LAmx - maximum of the LAmx of all flyovers	
meanLAmx(AC)	Mean aircraft LAmx - mean of the LAmx of all flyovers	
stdLAmx(AC)	Standard deviation of aircraft LAmx's	
L0.1	L0.1 level (the (highest) level which is exceeded in 0.1% of time	



COSMA – akustische Variablen Feldstudie

L1	L1 level (the (highest) level which is exceeded in 1% of time		
maxRise	Maximum of the rise time speed [dB/sec] of all flyovers		
meanRise	Mean of the rise time speed [dB/sec] of all flyovers		
stdRise	Standard deviation of the rise time speed [dB/sec] of all flyovers		
totalACtime [min]	Overall time [min] influenced by aircraft noise		
meanACtime [s]	Mean duration of flyover times [sec]		
maxACdist [min]	Max time distance [min] of flyover peak levels		
meanACdist [min]	Mean time distance of flyover peak levels [min]		
stdACdist [min]	Standard deviation of time distances [min] between flyover peak levels		
maxNoACtime [min]	Length of maximum time period without flyover noise [min] (=longest time segment without any flyover noise)		
meanNoACtime [min]	Mean length of times without flyover noise [min]		



COSMA – akustische Variablen Feldstudie

meanNoACtime [min]	Mean length of times without flyover noise [min]	
stdNoACtime [min]	Standard deviation of times without flyover noise [min]	
actDamp	Actual damping taking into account activities' locations and window position	
p-totalLAeq	Overall person's LAeq (AC + bkg.noise), i.e the LAeq which the person was actually exposed to. (Indoor background noise is not considered!)	
p-1h AC LAeq	person's 1h normalised aircraft LAeq	
p-maxLAmx(AC)	Overall person's aircraft LAmx - maximum of the LAmx of all flyovers	
p-meanLAmx(AC)	Mean person's aircraft LAmx - mean of the LAmx of all flyovers	
p-L0.1	person's L0.1 level (the (highest) level which is exceeded in 0.1% of time)	
p-L1	person's L1 level (the (highest) level which is exceeded in 1% of time)	
meanNoACtime [min]	Mean length of times without flyover noise [min]	
stdNoACtime [min]	Standard deviation of times without flyover noise [min]	



COSMA – akustische Variablen Feldstudie

actDamp	Actual damping taking into account activities' locations and window position	
p-totalLAeq	Overall person's LAeq (AC + bkg.noise), i.e the LAeq which the person was actually exposed to. (Indoor background noise is not considered!)	
p-1h AC LAeq	person's 1h normalised aircraft LAeq	
p-maxLAmx(AC)	Overall person's aircraft LAmx - maximum of the LAmx of all flyovers	
p-meanLAmx(AC)	Mean person's aircraft LAmx - mean of the LAmx of all flyovers	
p-L0.1	person's L0.1 level (the (highest) level which is exceeded in 0.1% of time	
p-L1	person's L1 level (the (highest) level which is exceeded in 1% of time	



COSMA – Ergebnisse: Modell Akustik

Für LHR, CGN und ARL:

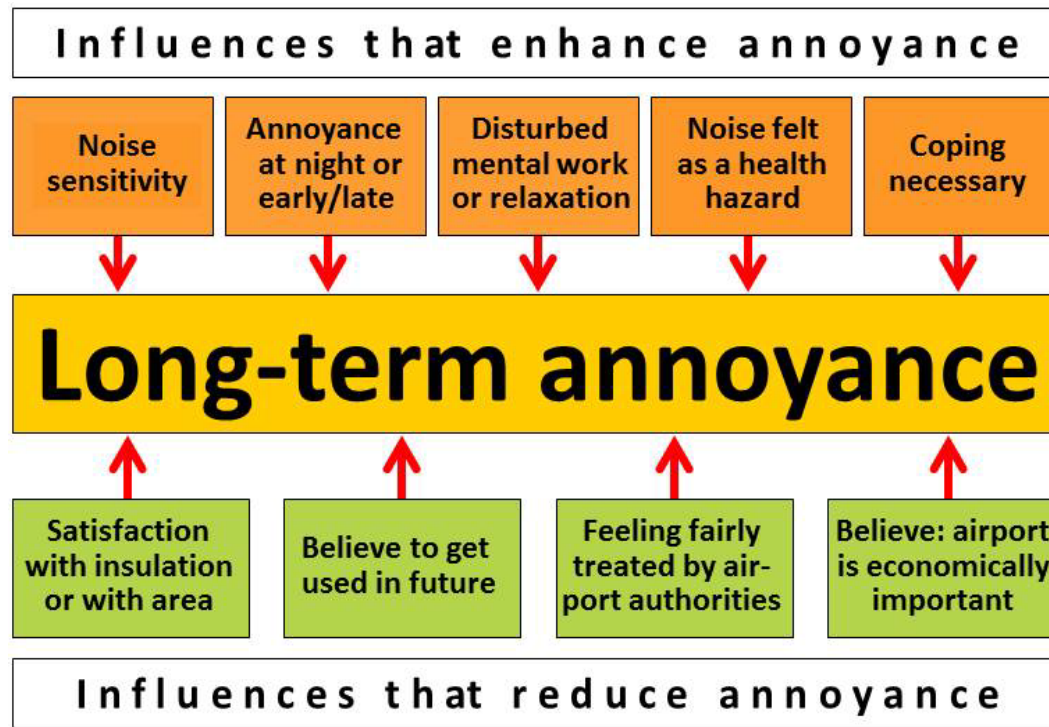
- Anzahl der Flugzeuge
- NAT55
- NAT60
- Gesamtzeit mit Fluglärm
- mittlerer zeitlicher Abstand zwischen zwei Fluglärmereignissen

zusätzlich für CGN und ARL:

- NAT65
- NAT70

Insgesamt werden für CGN **weniger als 20% in der Varianz der Langzeitbelästigung durch Fluglärm durch diese Parameter aufgeklärt**





Unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Einflussfaktoren werden für CGN insgesamt **55%** in der Varianz der Langzeitbelästigung aufgeklärt!



Forschungsbedarf in zukünftigen Belästigungsstudien zum Fluglärm unter hauptsächlicher Berücksichtigung nicht- akustischer Faktoren



Zukünftiger Forschungsbedarf

- **Durchführung transparenter Planungsverfahren (Neubau, Änderung, Flugpfade) unter Bürgerbeteiligung (“procedural fairness”).**

Wie erfolgt ein Interessensausgleich? Mediation (rechtlich bindend?)

- **Was bringt in der Forschung der Einsatz von Fokusgruppen?**

- **Die EU-Expositions-Wirkungskurve zur Abschätzung der Hochbelastigten muss aktualisiert werden!**

Es gibt nicht eine Kurve, die für alle Flughäfen gültig ist. Gibt es Cluster von Flughäfen, für die Kurven ermittelt werden können (z.B. Hubs, Steady-state-Flughäfen, Flughäfen in einer Veränderungssituation, Flughäfen mit viel Nachtflug etc...)?



Zukünftiger Forschungsbedarf

- **Zu welchen nicht-akustischen Faktoren, die das Belästigungsurteil beeinflussen, sollte zuvorderst geforscht werden?**

Wie können diese nicht-akustischen Faktoren in den Expositions-Wirkungskurven berücksichtigt werden?

- Transparente, verständliche und unabhängige Kommunikation über alle den Flughafen betreffenden Lärmfragen (v.a. auch über mögliche Gesundheitsgefahren, bessere Datenlage hierzu ist nötig!)
- Wie kann solch eine Kommunikation begonnen werden, wenn das Vertrauen durch Erfahrungen aus der Vergangenheit gestört ist?
- Schallschutz (z.B. muss es Tag/Nacht immer zumindest in einem Zimmer möglich sein, sich dem Lärm zu entziehen? Wieviel Schallschutz ist nötig?)



Zukünftiger Forschungsbedarf

- **Zu welchen nicht-akustischen Faktoren, die das Belästigungsurteil beeinflussen, sollte zuvorderst geforscht werden?**

Wie können diese nicht-akustischen Faktoren in den Expositions-Wirkungskurven berücksichtigt werden?

- wie kann der Aspekt eines fairen Interessensausgleichs zwischen Profiteuren und Betroffenen behandelt werden?
Jährliche Ausgleichszahlungen abhängig von der jeweiligen Lärmbelastung?
- kann Anwohnern die Unsicherheit über die zukünftige Fluglärmbelastung in ihrem Wohnumfeld durch die virtuelle Darstellung dieser mit Hilfe von 3D-Brillen und Kopfhörern genommen werden?



Zukünftiger Forschungsbedarf

- **Welche internationalen Kooperationen sind sinnvoll?**

Die Relevanz einzelner nicht-akustischer Faktoren in der Varianzaufklärung der Belästigungsurteile kann kulturell sehr unterschiedlich sein.

- Kooperation vorwiegend nur mit westlichen Industriestaaten?
- was können wir bisher schon z.B. aus Anwohnerbeteiligungsverfahren in anderen Ländern lernen?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

